

14. Бондаренко, В. Л. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) при проектировании водохозяйственного комплекса Зеленчукской ГЭС// Бондаренко В. Л., Гутенев В. В., Приваленко В. В., Поляков Е. С. – Теоретическая и прикладная экология № 1, 2007 С. 47-54.
15. Бондаренко, В.Л., Решение экологических проблем при проектировании гидротехнических сооружений (на примере бассейновой геосистемы Верхней Кубани) В.Л. Бондаренко, В.В.Приваленко, А.В. Кувалкин, Е.С. Поляков, С.Г.Прыганов// Ростов-на-Дону, Изд-во ЮНЦРАН, 2009,-314
16. Водные ресурсы СССР и их использование. Л., Гидрометеиздат, 1987. 302 с.
17. Водосбор. Управление водными ресурсами на водосборе / Под научн. ред. Черняева А.М. - Екатеринбург: Изд-во Виктор, 1994. - 160 с.
18. Гед Р. Дэйвис статья «Энергия для планеты Земли», журнал «В мире науки» Ноябрь 1990 г., США, стр. 7-15
19. Геохимия окружающей среды. Под ред. Ю.Е.Саета. Недра, 1990.
20. Ковальчук, М. В. От синтеза в науке – к конвергенции в образовании / М. В. Ковальчук // Образовательная политика. - 2010. - № 11-12 (49-50). – с. 1-12.
21. Майкл Уэббер (Michael Ewebber). Статья Энергия Вода Пища, журнал «В мире науки» Апрель 2015г., США, Стр. 65-71
22. Николис, Г., Познание сложного/ Г. Николис, И. Пригожин. – М.: Мир, 1990. – 425 с.
23. Одум Ю. Основы экологии. Пер. с англ. М., Мир, 1987. 360.
24. Приваленко В.В., Минкина Т.М., Бондаренко В.Л. Экологическая безопасность в строительстве. Инженерно-экологические изыскания в комплексе изысканий под строительство. Ростов-на-Дону, изд-во ЮФУ, 2012. 200 с.: илл.
25. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. М., Прогресс, 1986. 256 с.
26. Румянцев И.С., Кромер Р. Использование методов инженерной биологии в практике гидротехнического и природоохранного строительства. М., Изд-во МГУ, 2003. 259 с.
27. Сафронов И.Н. Геоморфология Северного Кавказа. Ростов-на-Дону, 1969.

© А. В. Лещенко, А. В. Федорян, О. В. Сорокина, Е. В. Комлев

Ссылка для цитирования:

А. В. Лещенко, А. В. Федорян, О. В. Сорокина, Е. В. Комлев. Методологические основы по совершенствованию технологии использования водных ресурсов на оросительно-обводнительных системах // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 3 (33). С. 9–16.

УДК 691.32

DOI: 10.35108/isvp20203(33)16-22

ВИДОВОЙ СОСТАВ МИКРООРГАНИЗМОВ, ВЫЯВЛЕННЫХ НА ОБРАЗЦАХ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ, ЭКСПОНИРОВАННЫХ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ И ЦИКЛИЧЕСКИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫХ ФАКТОРОВ

О. В. Ледяйкина¹, А. И. Родин¹, Д. Ю. Власов²

¹Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, г. Саранск, Россия;

²Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Исследования долговечности мелкозернистых бетонов на сегодняшний день являются актуальной темой в современном строительстве. Биоповреждения являются одним из наиболее важных факторов, которые сказываются на долговечности строительных материалов и конструкций. Тема биоповреждений остается все еще малоизученной, невзирая на то, что происходят ухудшение прочностных показателей материалов и снижение несущей способности конструкций. Всё это может пагубно сказаться на здоровье человека. Объектом исследования являются мелкозернистые бетоны, которые были изготовлены из сухих строительных смесей с применением модифицирующих добавок. Образцы цементных композитов эксплуатировались на площадке под открытым небом 6 месяцев. В данной статье представлены результаты микробиологического исследования мелкозернистых бетонов и воздуха, с которым они контактировали. Испытания проходили в климатических условиях Республики Мордовия.

Ключевые слова: цементные композиты, пластификатор, комплексные добавки, биостойкость, бактерии, грибы.

SPECIES COMPOSITION OF MICROORGANISMS IDENTIFIED BY SAMPLES OF CEMENT COMPOSITES EXPOSED UNDER CONDITIONS UV EXPOSURE AND CYCLING EXISTING TEMPERATURE AND HUMIDITY FACTORS

O. V. Ledyaykina¹, A. I. Rodin¹, D. Yu. Vlasov²

¹National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia;

²Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

Today, studies of the durability of fine-grained concrete are an urgent topic in modern construction. Biodeterioration is one of the most important factors that affect the durability of building materials and structures. The topic of biodeterioration is still poorly studied, despite the fact that there are deterioration in the strength characteristics of materials and a decrease in the bearing capacity of structures. All this can adversely affect human health. The object of the study is fine-grained concrete, which were made from dry building mixtures using modifying additives. Samples of cement composites were operated under a canopy for 6 months. This article presents the results of a microbiological study of fine-grained concrete and the air with which they were in contact. The tests took place in the climatic conditions of the Republic of Mordovia.

Keywords: cement composites, plasticizer, complex additives, biostability, bacteria, fungi.

Введение

Биоповреждения материалов микроорганизмами известны давно. Началом изучения повреждения промышленных материалов микроорганизмами является период окончания Второй мировой войны. Проблема биоповреждений приобрела официальный статус в 60-х годы прошлого века [1–4].

Одна из важных научных и практических задач в строительстве – это защита бетонов от биоповреждений, которые могут повлиять на их свойства и в дальнейшем привести к разрушению материала [5–8]. Проблема биоповреждения основывается на знании таких наук как биология, химия и материаловедение.

Микроорганизмы уменьшают экономическую ценность строительных материалов, а также могут привести к нарушению процессов эксплуатации изделий из них. Для экологии является данная тема важной, т. к. она нацелена на защиту окружающей среды от загрязнения [9].

Республика Мордовия находится в умеренном поясе, где чётко выражены времена года. Климат в республике холодно умеренный. В течение года выпадает значительное количество осадков. Когда производство промышленных материалов в умеренном климате связано с высокими температурами и влажностью, то микроорганизмы способны наносить им повреждения.

Исследование механизмов биодеструкции композитов при их экспозиции в условиях умеренного климата, разработка способов их биологического сопротивления, а также методов оценки ущерба от биоповреждений являются актуальными [10].

Цель исследования заключается в изучении видового состава микроорганизмов, выявленных на образцах цементных композитов, экспонированных в условиях воздействия ультрафиолетового облучения и циклически действующих температурно-влажностных факторов.

Задачи для достижения цели:

1) проанализировать отечественную, зарубежную литературу и практический опыт в области исследования биологической и климатической стойкости образцов цементных композитов в условиях умеренного климата;

2) освоить основные параметры местного заполнителя месторождения карьера с. Морга Дубенского района Республики Мордовия;

3) рассмотреть основные свойства пластификатора – «Эдванс Ультра» и комплексных добавок: «Суперпласт Прима», «Суперпласт Стандарт»;

4) разработать составы цементных композитов;

б) исследовать биологическую стойкость образцов мелкозернистых бетонов;

7) охарактеризовать микроорганизмы, которые были идентифицированы с поверхности

образцов и в воздухе, с которым они контактировали.

Используемые материалы

В качестве объектов исследования рассматривались мелкозернистые бетоны с модифицирующими добавками. Вяжущим в бетонах служил портландцемент производства ООО «Сенгилеевский цементный завод» класса Цем 1 42,5 Б. В качестве мелкого заполнителя использовался кварцевый песок Моргинского песчаного карьера.

При изготовлении мелкозернистых бетонов также использовались:

«Суперпласт Прима» – комплексная добавка для получения достаточно высоких показателей по прочности и долговечности;

«Суперпласт Стандарт» – продукт, который является комплексной добавкой для получения бетонов с высокой ранней прочностью и последующей стабильной кинетикой набора прочности в последующие сроки твердения;

Кластификатор – «Эдванс Ультра» целесообразно применять для получения высокоподвижных и литых бетонных смесей и последующей транспортировкой их на большие расстояния.

Всего было изготовлено 13 составов мелкозернистых бетонов.

В таблице 1 представлены добавки, которые вводились в бетонные смеси в различных концентрациях.

Таблица 1

Количество пластификатора (комплексных добавок) в % от массы цемента

№ состава	Пластификатор (комплексная добавка)	Количество пластификатора (комплексной добавки), %
1	Эдванс Ультра	0,120
2	Эдванс Ультра	0,603
3	Эдванс Ультра	1,086
4	Эдванс Ультра	1,569
5	Суперпласт Прима	0,187
6	Суперпласт Прима	0,280
7	Суперпласт Прима	0,374
8	Суперпласт Прима	0,467
9	Суперпласт Стандарт	0,208
10	Суперпласт Стандарт	0,346
11	Суперпласт Стандарт	0,486
12	Суперпласт Стандарт	0,623
13	Контрольный	—

Методики проведения эксперимента

Цементные композиты экспонируются в климатических условиях Республики Мордовия. Образцы мелкозернистых бетонов эксплуатируются в саду на площадке под открытым небом на высоте 150 см от уровня земли. На площадке находятся 117 образцов, по 9 образцов каждого состава (13 составов). Далее на рисунках 1, 2, 3 представлены фотографии образцов, которые нахо-

дятся в условиях воздействия ультрафиолетового облучения и циклически действующих температурно-влажностных факторов.



Рис. 1. Образцы на площадке под открытым небом в зимний период



Рис. 2. Образцы на площадке под открытым небом в весенний период



Рис. 3. Образцы на площадке под открытым небом в летний период

По истечении 6 месяцев с момента начала испытания с частью цементных композитов были проведены микробиологические исследования.

Метод изъятия проб. Образцы размерами 10×10×10 см были изъятые с места эксплуатации, с соблюдением стерильности, и доставлены в лабораторию для дальнейшего микробиологического исследования.

В лаборатории были взяты смывы с поверхности образцов цементных композитов. Для того, чтобы взять смывы, заранее были приготовлены стерильные ватные тампоны. Перед взятием смыва с поверхности образца в каждую пробирку, в которой находились стерильные ватные тампоны, наливали по 2 мл стерильного 0,9 % физиологического раствора таким образом, чтобы ватный тампон находился над уровнем жидкости. Непосредственно перед процедурой взятия смывов ватный тампон увлажняли в жидкости физиологического раствора, а затем протирали по всей поверхности образца цементного композита. По завершении работы тампоны поместили в ту же пробирку, в которой они были до употребления.

Метод бактериологического исследования смывов с поверхности цементных композитов. Со смывов, которые были взяты с поверхности образцов мелкозернистых бетонов проводился посев в чашки Петри с питательной средой МПА. После чего чашки Петри инкубировались в термостате при температуре 37 °С в течение 48 ч. Для выявления микроорганизмов на поверхности образцов использовалась такая питательная среда, как мясо-пептонный агар (МПА), которая в готовом виде имеет прозрачный, светло-соломенный цвет.

Окраску микроорганизмов по Граму проводили по следующей методике:

- 1) фиксированный на огне мазок окрашивали метил- или кристалвиолетом 2 мин;
- 2) промыв препарат водой, опускали его в раствор Люголя на 2 мин;
- 3) для того чтобы обесцветить препарат, использовали несколько капель йодного спирта;
- 4) препарат промыли водой и докрасили фуксином Пфейффера 2 мин;
- 5) препарат промыли водой, высушили и микроскопировали.

Приготовленные мазки просматривались под микроскопом с использованием иммерсионного масла.

Результат окраски: грамположительные бактерии окрасились основной краской в темно-фиолетовый цвет, грамотрицательные – в яркомалиновый.

Седиментационный метод. Суть данного метода состоит в том, что микроорганизмы под действием силы тяжести оседают на поверхность питательной среды в открытой чашке Петри. Для проведения микробиологического анализа использовали такие питательные среды как МПА и Чапека. Чашки Петри с питательными средами устанавливали на поверхность образцов, а затем открывали их на 10 мин. По истечении времени, Чашки Петри были доставлены в лабораторию, для проведения дальнейшего исследования. Чашки Петри с питательной средой МПА инкубировались в термостате при температуре 37 °С в течение 48 ч, а с питательной средой Чапека были помещены в термостат на 8 дней при температуре 25 °С. Далее проводилась окраска бактерий по Граму на МПА. Для идентификации грибов использовали фиксирующую жидкость.

Приготовленные препараты просматривались при следующем увеличении: для бактерий – 1600х, для грибов – 640х.

Идентификация культур по морфологическим признакам проводилась с помощью определителя бактерий Берджи.

Результаты

Микроорганизмы, выделенные с поверхности образцов, которые экспонировались на площадке под открытым небом, приведены в таблице 2.

Микробиологический анализ образцов мелкозернистых бетонов позволил идентифицировать на поверхности цементных композитов грам (-) палочки, кокки, диплококки, тетракокки.

На питательной среде МПА наблюдался обильный рост колоний микроорганизмов. На рисунках 4, 5 представлены выявленные микроорганизмы.

Мы также изучили видовой состав микроорганизмов, которые были выявлены в воздухе над образцами, находящимися на площадке под открытым небом. Результаты приведены в таблице 3.

Смывы с поверхности образцов, находящихся на площадке под открытым небом

Номер пробы	Наименование питательной среды и способ окраски бактерий	Описание роста бактерий на питательной среде и описание окрашенных мазков
1 – 48	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, профиль матовый, цвет колоний серо-белый, структура однородная, прозрачность тусклая, консистенция плотная
	Окраска по Граму	Грам (-) крупные, толстые палочки, расположенные парно и одиночно.
2 – 47	МПА	Рост колоний одиночный, форма колоний неправильная, диаметр колоний крупный (больше 5 мм), поверхность гладкая, цвет колоний серо-белый, края колоний неровные, структура крупнозернистая, прозрачность тусклая и матовая, консистенция плотная
	Окраска по Граму	Грам (-) расположенные парно кокки
3 – 40	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, профиль матовый, цвет колоний серо-белый, структура однородная, прозрачность тусклая, консистенция слизистая
	Окраска по Граму	Грам (-) длинные, мелкие, биполярные палочки, расположенные одиночно.
4 – 41	МПА	Рост колоний одиночный, форма округлая, размер очень мелкий (0,1–0,5 мм), края ровные, поверхность гладкая, цвет колоний серо-белый, структура мелкозернистая, прозрачность матовая, консистенция мягкая
	Окраска по Граму	Грам (-) длинные палочки, расположенные одиночно
5 – 53	МПА	Рост колоний одиночный, форма округлая, размер очень мелкий (0,1–0,5 мм) и средний (0,5–3 мм), края ровные, поверхность гладкая, цвет колоний серо-белый, структура мелко и крупнозернистая, прозрачность матовая, консистенция мягкая
	Окраска по Граму	Грам (-) крупные, толстые палочки, расположенные парно и цепочками
6 – 50	МПА	Рост колоний сплошной, структура однородная, местами мелкозернистая, прозрачность тусклая колонии мелкие, поверхность гладкая, цвет колоний серо-белый, края колоний ровные, прозрачность матовая, консистенция плотная
	Окраска по Граму	Грам (-) расположенные одиночно и парно кокки, тетракокки, а также мелкие, короткие, тонкие грам (-) палочки
7 – 42	МПА	Рост колоний одиночный, форма округлая, размер очень мелкий (0,1–0,5 мм), края ровные, поверхность гладкая, цвет колоний прозрачно-серый, структура мелкозернистая, прозрачность тусклая, консистенция мягкая
	Окраска по Граму	Грам (-) кокки, расположены одиночно
8 – 46	МПА	Рост колоний одиночный, форма неправильная, размер крупный (больше 5 мм), поверхность гладкая, цвет колоний серо-белый, прозрачность матовая, консистенция плотная
	Окраска по Граму	Грам (-) короткие, тонкие, мелкие палочки, расположенные одиночно
9 – 40	МПА	Колонии неправильной формы, крупные (больше 5 мм), поверхность шероховатая серо-белого цвета, профиль матовый, мелкозернистая структура, прозрачность мутная
	Окраска по Граму	Грам (-) короткие, мелкие, тонкие палочки; грам (-) длинные, тонкие палочки
10 – 46	МПА	Колонии мелкие, желтого цвета, среднего размера (0,5–3 мм), шаровидной формы, поверхность морщинистая, структура крупнозернистая.
	Окраска по Граму	Грам (-) кокки, диплококки и тетракокки, расположенные одиночно
11 – 42	МПА	Очень мелкие колонии (0,1–0,5 мм), образующие большую округлую форму на периферии, поверхность шероховатая, мелкозернистая, прозрачность тусклая
	Окраска по Граму	Грам (-) длинные, тонкие палочки, расположенные одиночно
12 – 46	МПА	Колонии амёбовидной формы, белого цвета, поверхность гладкая, прозрачность матовая, консистенция плотная
	Окраска по Граму	Грам (-) длинные, тонкие палочки, расположенные одиночно
13 – 42	МПА	Колонии неправильной формы, крупные, поверхность шероховатая, профиль блестящий, структура мелкозернистая, прозрачность матовая
	Окраска по Граму	Грам (-) кокки, диплококки, короткие, мелкие, расположенные одиночно грам (-) палочки

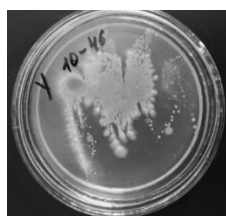


Рис. 4. Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 46 состава 10

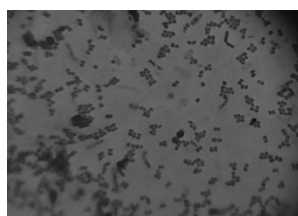


Рис. 5. Окраска по Граму. Образец № 46, состав 10. Увеличение 1600 х

грам (-) палочки, грибы *Aureobasidium pullulans*, *Aspergillus flavus*.

Фотографии роста колоний на питательных средах (МПА, Чапека) в чашках Петри представлены на рисунках 6, 7.



Рис. 6. Рост колоний на МПА в чашке Петри

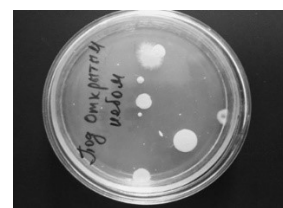


Рис. 7. Рост колоний на среде Чапека в чашке Петри

Результаты микробиологической обсемененности воздуха позволили идентифицировать

Таблица 3

**Пробы из воздуха,
находящегося над образцами**

Номер пробы	Наименование питательной среды и способ окраски бактерий	Описание роста бактерий на питательной среде и описание окрашенных мазков
Площадка под открытым небом	МПА	Рост колоний обильный, одиночный, поверхность гладкая, края в основном ровные, профиль матовый, цвет колоний серо-белый и желтый, структура однородная, прозрачность матовая, консистенция слизистая местами плотная. Присутствует рост гриба <i>Aspergillus flavus</i>
	Окраска по Граму	Грам (-) короткие и крупные палочки, расположенные парно, одиночно и цепочками
	Чапека	Колонии беловатого цвета, со временем приобрели цвет от серо-коричневого до черного, покрыты слизистым экссудатом. Идентификация: грибок <i>Aureobasidium pullulans</i>

Обсуждение полученных результатов

Естественные климатические факторы могут оказывать существенное воздействие как на мелкозернистый бетон, так и на развитие микроорганизмов в целом.

Одним из основополагающих факторов является температура окружающей среды.

При частых циклах замораживания и размораживания материала, влага способна проникать в его поры в больших количествах [8]. При воздействии отрицательных температур вода превращается в лёд, который способен в дальнейшем расширять конструкцию, в результате чего материал трескается. Образцы цементных композитов, которые экспонируются на площадке под открытым небом, не подвергаются воздействию резких перепадов температур, поскольку климат умеренно континентальный (температура воздуха летом меняется от +15 до +25 °С, а зимой – от -8 до -18 °С). Температурный фактор в данной климатической зоне не оказывает значительного влияния на образцы, возможно по данной причине мы не наблюдаем серьёзных температурных деформаций

Образцы мелкозернистых бетонов подвержены воздействию атмосферных осадков, поскольку они экспонируются на площадке под открытым небом в саду. Атмосферные осадки могут негативно влиять на бетон в сочетании с углекислым газом. Сила воздействия зависит

от того какие компоненты останутся на материале, т.е. это могут быть карбонаты, хлориды или сульфаты [1, 8].

Жизнеспособность микроорганизмов напрямую зависит от изменений факторов внешней среды.

Если говорить о температурном факторе, то выделенные в ходе микробиологического исследования грам (-) палочки хорошо растут при 37 °С. Для кокков, диплококков, тетракокков оптимальная температура роста 25–30 °С. Анализируя вышесказанное, мы можем выявить бактерии отнести к группе мезофилов (предпочитают средние температуры от 10 до 40 °С) [2].

В воздухе над образцами нам удалось идентифицировать грибы *Aureobasidium pullulans* (температурный оптимум данного гриба +25 °С) и *Aspergillus flavus* (хорошо растет при 37°). Согласно полученным данным, выявленные грибы, вероятнее всего, относятся к группе мезофильных (10–38 °С).

Функционирование бактериальной клетки начинается при влажности не менее 24–30 %, а грибов – выше 75 % [9].

Такие микроорганизмы как грибы имеют достаточно большую энергию размножения, следовательно, многие из них размножаются спорами, т.е. конидиями, которые легко разносятся по воздуху [11]. Идентифицированный нами патогенный гриб-сапрофит *Aspergillus flavus* из воздуха размножается спорами. Поскольку питательную среду Чапека использовали только для исследования микробиологического состава воздуха над образцами, которые экспонируются на площадке под открытым небом, то выявленный гриб *Aspergillus flavus*, возможно, может присутствовать и на поверхности цементных композитов.

Микробиологический анализ поверхности цементных композитов позволил выделить грам (-) палочки, кокки, диплококки, тетракокки. Данные микроорганизмы растут в атмосферном воздухе. Выделенные бактерии встречаются в почве, пресной или морской воде, корнях растений и т.д. Многие из данной группы хорошо растут при 37 °С, что может говорить о возможной патогенности выделенных штаммов [12].

Грам (-) кокки, преимущественно, по морфологическим признакам мы можем отнести к бактериям рода *Paracoccus*, относящимся к группе хемолитоавтотрофных, которые могут расти в анаэробных условиях в присутствии нитрата, нитрита или оксида азота (NO) как конечного акцептора электронов [13]. Они встречаются в почве и, предположительно, в природной и искусственной рапе. Они также могут участвовать в биоразрушении бетона.

Некоторые грам (-) палочки можно отнести по морфологическим признакам к бактериям ро-

да *Thiobacillus*, относящимся к группе аэробных хемолитотрофных [13]. За счет окисления соединений серы и образования серной кислоты идентифицированные бактерии могут разрушить бетон и бетонные конструкции.

Исследования, которые проводились на питательной среде Чапека, позволили выявить из воздуха, находившегося над образцами на открытой площадке, грибы *Aureobasidium pullulans*. Поскольку выделенные грибы присутствуют в воздухе, то мы можем предположить, что данные микроорганизмы присутствуют и на цементных композитах. Появление *Aureobasidium pullulans* можно объяснить тем, что образцы, которые экспонировались на площадке под открытым небом, лежат в саду, а как мы знаем, данные микроорганизмы предпочитают влажную гниющую среду, почву.

Отдельные виды *Aureobasidium pullulans* относятся к активным продуцентам ферментов. В работе [14] каталаза (фермент) способна усиливать процесс разложения перекиси водорода на воду и молекулярный кислород; слабо катализирует окисление перекисями различных спиртов и других соединений.

Результатом изучения микроорганизмов, выявленных из воздуха над образцами на площадке под открытым небом, является рост гриба *Aspergillus flavus*. Для исследования использовалась питательная среда МПА. Распространен данный гриб повсюду – в почве, воздухе. Опираясь на исследования воздуха, мы можем предположить, что, вероятнее всего, гриб *Aspergillus flavus* может присутствовать и на образцах. Представители рода *Aspergillus flavus* способны накапливать достаточно большое количество янтарной кислоты [14]. Данные грибы выделяют щавелевую кислоту, которая богата широко разнообразием аминокислот, глицерина, углеводов [1].

Появление на бетоне *Aspergillus flavus* может привести к деградации бетона, т. к. данный гриб, распространяясь по поверхности цементного композита, образует бархатистые, войлокообраз-

ные налеты различной окраски. Но если мицелий гриба оказывается внутри материала, то происходит снижение механической прочности [15]. В работе Э.З. Коваль и др. [9] нам сообщают о том, что с бетонных и железобетонных конструкций хлебозавода, которые разрушались, было идентифицировано 23 вида грибов, где преобладали также представители *Aspergillus flavus*. Выделенные грибы уменьшают поверхностную прочность бетона на 35–43 %.

Заключение

Изучена биологическая стойкость цементных композитов. С поверхности мелкозернистых бетонов были идентифицированы грам (-) палочки, кокки, диплококки, тетракокки.

Небольшие грам (-) палочки, возможно, по морфологическим признакам относятся к бактериям рода *Thiobacillus*, которые способны разрушать бетон и бетонные конструкции, за счет окисления соединений серы и образования серной кислоты. Виды бактерий рода *Pseudomonas* относятся к группе грам (-) аэробных палочек, которые также могут участвовать в биоразрушении бетона.

Грамм (-) кокки, вероятно, по морфологическим признакам мы можем отнести к бактериям рода *Paracoccus*.

В воздухе были идентифицированы грибы *Aureobasidium pullulans* (питательная среда Чапека) и грибы *Aspergillus flavus* (питательная среда МПА).

По результатам работы мы можем предположить, что выделенные микроорганизмы на данный момент не наносят биоповреждений цементным композитам, а комплексы добавки (пластификаторы), вероятнее всего, не являются защитой от биоповреждения образцов.

Суммируя вышесказанное, следует отметить, что естественные климатические факторы могут значительно влиять на выявленные микроорганизмы и на долговечность мелкозернистых бетонов в целом.

Список литературы

1. Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Семичева А.С., Морозов Е.А. Биологическое сопротивление материалов. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2001. 196 с.
2. Erofeev, V., Kalashnikov, V., Emelyanov, D., Balathanova, E., Erofeeva, I., Smirnov, V., Tretiakov, I., Matvievskiy, A. Biological resistance of cement composites filled with dolomite powders. *SolidStatePhenomena*. 2016. 871. Pp. 33-39. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.871.33.
3. Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Морозов Е.А., Атыкян Н.А., Смирнова О.Н., Губанов Д.А., Богатов А. Д., Дергунова А. В. Микробиологическое разрушение материалов: учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению 270100 «Строительство» / под. общ. ред. В.Т. Ерофеева и В.Ф. Смирнова. М.: Изд-во Ассоц. строит. Вузов, 2008. 128 с.
4. Roberts D.J., Nica D., Zuo G., Davis J.L.; Quantifying microbially induced deterioration of concrete: Initial studies. *International Biodegradation and Biodegradation*, 49, 2002. P. 227-234.
5. Биоповреждения: Учеб. пособие для биолог. спец. вузов / Под ред. В.Ф. Ильичева. М.: Высш. шк., 1987. 352 с.
6. Vincke E., Boon N., Verstraete W.; Analysis of the microbial communities on corroded concrete sewer pipes – a case study. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 57, 2001. P. 776-785.
7. Влияние старения вяжущих на их биологическую стойкость / Ерофеев В. Т., Богатов А. Д., Богатова С. Н., Смирнов В. Ф. // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2010. № 2 (14). С. 213-217.
8. Влияние эксплуатационной среды на биостойкость строительных композитов / Ерофеев В. Т., Богатов А. Д., Богатова С. Н., Казначеев С. В., Смирнов В. Ф. // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 7 (33). С. 23-31.

9. Горленко М.В. Некоторые биологические аспекты биодеструкции материалов и изделий // Биоповреждения в строительстве. М., 1984. С. 9-17.
10. De Belie N., Richardson M., Braam C.R., Svennerstedt B., Lenehan J.J., Sonck B.; Durability of building materials and components in the agricultural environment: Part I, The agricultural environment and timber structures. Journal of Agricultural Engineering Research, 75, 2000. P. 225-241.
11. Билай В. И., Коваль Э. З. Грибы, вызывающие коррозию // Биологические повреждения строительных и промышленных материалов. Киев, 1978. С. 19-21.
12. Определитель бактерий Берджи в 2 томах. Том 1 / под. ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уильямса // пер. с англ. под ред. акад. РАН Г.А. Заварзина. М.: Мир, 1997. 429 с.
13. Определитель бактерий Берджи. В 2 томах. Том 2 / под. ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уильямса // пер. с англ. под ред. акад. РАН Г.А. Заварзина. М.: Мир, 1997. 368 с.
14. Злочевская И. В. Биоповреждения каменных строительных материалов микроорганизмами и низшими растениями в атмосферных условиях // Биоповреждения в строительстве. М., 1984. С. 257-271.
15. Коваль Э. З., Серебренник В. А., Рогинская Е. Л., Иванов Ф. М. Микодеструкторы строительных конструкций внутренних помещений предприятий пищевой промышленности // Микробиол. журн. 1991. Т. 53, № 4. С. 96-103.
16. Sand W.; Microbial corrosion and its inhibition. In: Rehm H.J. (Ed.), Biotechnology, Vol. 10, 2nd ed., Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2001. P. 267-316.
17. Cwalina B. Biodeterioration of Concrete. Architecture Civil Engineering Environment, 2008. No 1, P. 133-140.

© О. В. Ледяйкина, А. И. Родин, Д. Ю. Власов

Ссылка для цитирования:

О. В. Ледяйкина, А. И. Родин, Д. Ю. Власов. Видовой состав микроорганизмов, выявленных на образцах цементных композитов, экспонированных в условиях воздействия ультрафиолетового облучения и циклически действующих температурно-влажностных факторов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 3 (33). С. 16–22.

УДК 666.981.1

DOI: 35108/isvp20203(33)22-26

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОЗИРОВКИ ФИБРЫ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ НА СВОЙСТВА МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА

М. О. Коровкин, Н. А. Ерошкина, С. М. Саденко, К. А. Крайнова

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, г. Пенза, Россия

В статье приводятся результаты исследования свойств мелкозернистого фибробетона в зависимости от дозировки полипропиленовой микрофибры и продолжительности ее перемешивания с бетонной смесью. Проведенные исследования показали, что полипропиленовая микрофибра снижает удобоукладываемость мелкозернистой бетонной смеси. Установлено, что увеличение дозировки полипропиленовой микрофибры и продолжительности перемешивания фибробетона оказывают наибольшее влияние на его стойкость к ударным воздействиям и истираемость. Показано, что исследованная фибра не оказывает влияние на усадку бетона и снижает прочность при сжатии, что может быть связано с низким модулем упругости полипропиленового волокна. В связи с повышенной стойкостью бетона с полипропиленовой микрофиброй к ударным воздействиям и истиранию такой бетон рекомендуется для производства изделий и конструкций транспортного строительства.

Ключевые слова: мелкозернистый фибробетон, полипропиленовая фибра, удобоукладываемость, прочность при сжатии, прочность при изгибе, прочность при ударном воздействии, истираемость, усадка.

STUDY OF EFFECT OF FIBER DOSAGE AND DURATION OF MIXING ON PROPERTIES OF FINE-GRAINED CONCRETE

M. O. Korovkin, N. A. Eroshkina, S. M. Sadenko, K. A. Krainova

Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russia

The results of studying the properties of fine-grained fiber-reinforced concrete depending on the dosage of polypropylene microfiber and the duration of its mixing with concrete mixture are given. Studies have shown that the polypropylene microfiber reduces workability of fine-grained concrete mix. It was found that an increase in polypropylene microfiber dosage and the duration of mixing have the greatest effect on resistance to shock and abrasion of fiber-reinforced concrete. It is shown that the investigated fiber has no effect on the shrinkage of concrete and reduces the compressive strength, which may be due to the low modulus of elasticity of the polypropylene fiber. Due to the increased resistance of concrete with polypropylene microfiber to impact and abrasion, such concrete is recommended for the production of products and structures for transport construction.

Key words: fine-grained fiber concrete, polypropylene fiber, workability, compressive strength, flexural strength, impact strength, abrasion, shrinkage.

Введение

Применение дисперсного армирования относится к числу наиболее активно развивающихся направлений современной технологии бетона. Использование полимерной фибры взамен стальной позволяет снизить стоимость

фибробетона и получить новые технологические и технические эффекты [1–3].

К числу наиболее перспективных видов полимерной фибры относится полипропиленовое волокно. Этот вид фибры характеризуется низкой стоимостью, низким модулем упругости, высоким коэффициентом удлинения и корро-